



PORALAITTEEN TAKAOSAN HUOLLON PARANTAMINEN

Jouni Niemi

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

JOUNI NIEMI:

Poralaitteen takaosan suunnittelu
Huoltotoiminnan parantaminen

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Huhtikuu 2013

Tämän opinnäytetyön aiheena on parantaa Sandvik Mining Oy:n DD211 poralaitteen takaosan huoltoa. Työn tavoitteena oli uudelleen suunnitella poralaitteen takaosan teräs-rakenteet. Myös tehdä niille ja takaosan komponentteihin liittyvät valmistus- ja asen-nuspiirustukset.

Työssä käydään läpi työhön liittyviä komponentteja ja laitteeseen tulleita muutoksia. Suunnitteluvaiheessa pyritään huomioimaan kaikki rakenteet ja komponentit, jotta ko-koonpano vaiheessa työ saadaan toteutettua mallien mukaan.

Työ toteutettiin käyttämällä NX 7.5 – suunnitteluohjelmaa, joka on Sandvik Mining Oy:llä käytössä.

Asiasanat: poralaite, huoltaminen, parannus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Option of Aircraft Engineering

JOUNI NIEMI:

Designing and Modelling of Drilling Rig Rear End
Improve maintenance work

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 6 pages
April 2013

The topic of this Bachelor's thesis was to improve maintenance work in Sandvik Mining Ltd's drilling rig DD211 rear end. The aim of this work was to re-design steel structures in rear end module in the DD211. Also make manufacturing and installation drawings all of the parts which are related on the rear end.

The thesis includes a discussion of related components and equipments that came in the rig. In design phase, consideration is given to all structures and components in order to the assembly stage of the work will be completed according to the models.

This work was done by using NX 7.5 design program which is used in Sandvik Mining Ltd.

Key words: drill rig, maintenance, improve

ALKUSANAT

Alkuun haluan kiittää Sandvik Mining Oy:tä mahdollisuudesta tämän opinnäytetyön tekemiseen, he tarjosivat erittäin mielenkiintoisen aiheen työlle ja tarvittavat välineet työn toteuttamiseen. Erityiset kiitokset myös esimiehelleni Sami Järventaustalle, jonka kanssa pidimme joka viikko tunnin palaverin opinnäytetyötäni koskien. Sami antoi hyviä neuvoja ja yhdessä pohdimme ratkaisuja työn aikana tulleet ongelmiin.

Kiitokset myös läheisilleni ja tyttöystävälleni siitä, että olette jaksaneet kannustaa minua tämän opinnäytetyön ja koko opiskelun aikana. Sekä tukeneet minua opiskelujen saattamisessa loppuun asti.

Kiitos myös työkavereilleni, jotka myös kannustivat eritoten kirjoitustyön aikana ja antoivat rakentavaa palautetta.

Jouni Niemi

Tampereella, 25.4.2013

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYS.....	10
2.1	Sandvik	10
2.2	Tamrock	11
2.3	Tuotteet	12
2.3.1	Maanalaiset poralaitteet	12
2.3.2	Maanpäälliset poralaitteet	13
3	TYÖN VAATIMUKSET	14
3.1	Komponenttien huoltotoimenpiteet	14
3.1.1	Turvallisuusvaatimukset	14
3.1.2	Työn ajalliset vaatimukset.....	15
4	TYÖN TEORIAA	16
4.1	Piirustukset.....	16
4.1.1	Hitsauspiirustusten perusteet.....	17
4.1.2	Ohutlevypiirustusten perusteet.....	18
4.1.3	Kokoonpanopiirustusten perusteet	19
5	PORALAITTEEN TAKAOSAN SUUNNITTELU	20
5.1	Konseptointi.....	20
5.1.1	Konseptointi-ideat	20
5.1.2	Valittu konsepti	24
5.2	Valmiit komponentit	24
5.2.1	Kompressori	25
5.2.2	Jäähdytin	26
5.2.3	Ansul-pullo.....	27
5.2.4	IP5-vedenerotin	28
5.2.5	Runko-osat	29
6	VALITUN KONSEPTIN TOTEUTUS	31
6.1	Takamaskin mallinnus	32
6.2	Takaoven mallinnus	33
6.3	Pohjalevyn mallintaminen takarunkoon	34
6.3.1	Kompressorin vaihtaminen	36
6.3.2	Työn hitsauspiirustukset	41
6.3.3	Työn ohutlevypiirustukset.....	43
6.3.4	Työn kokoonpanopiirustukset.....	44

7	TULOKSET JA HAVAINNOT	45
7.1	Saavutettu hyöty	45
7.2	Turvallisuusriskit	45
7.3	Parannusehdotukset	45
8	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	48
	Liite 1. Sandvik DD211.....	48
	Liite 2. Excel-taulukko muuttuneista osista (1).....	49
	Liite 2. Excel-taulukko muuttuneista osista (2).....	50
	Liite 3. Takarungon layout	51
	Liite 4. Alkuperäinen takarunko.....	52
	Liite 5. Uusi takarunko	53

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön taustat

Maanalaiset poralaitteet ovat suurikokoisia ja ne sisältävät kymmeniä tuhansia eri osia. Poralaitteille on erittäin tärkeää, että ne palvelevat käyttäjää mahdollisimman hyvin kovissa olosuhteissa. Tärkeimmät asiat poralaitteelle ovat turvallisuus, tehokkuus, helpokäyttöisyys ja käyttäjäystävälliset huoltokohteet. Tämä opinnäytetyö keskittyy erityisesti viimeisenä mainittuun. Poralaitteissa kaikkien komponenttien tulisi olla hyvin käyttäjän ulottuvilla, mikäli jokin kohde vikaantuu. Tällöin käyttäjälle mahdollistetaan osan korjaus tai vaihto.

1.2 Opinnäytetyön tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on helpottaa Sandvik DD211 poralaitteen takaosan komponenttien huoltotoimenpiteitä niin, että se antaa laitteen käyttäjälle mahdollisuuden huoltaa laitetta nopeasti, helposti ja turvallisesti.

Tämän opinnäytetyön tekeminen perustuu asiakaspalautteisiin, mitä laitteesta on saatu ja asentajilta saatuihin tuotantopalautteisiin sekä suunnitteluosaston omiin näkemyksiin.

Työn mallinnuksessa käytettiin NX 7.5 suunnitteluohjelmaa.

1.3 Opinnäytetyön tavoite

Työn tavoitteena oli uudelleen suunnitella poralaitteen takaosan teräsrakenteet niin, että komponentit jotka vaativat huoltotoimenpiteitä ovat käyttäjän ulottuvilla. Laitteen komponenttien layout pyrittiin pitämään suhteellisen samana, koska kyseessä on pienikokoinen kaivosporalaite ja tilaa on käytettävissä rajallinen määrä.

Työn tavoitteena oli mahdollistaa operaattorille käsiksi pääsy takaosan komponentteihin alle 3 (kolmessa) minuutissa. Tämän opinnäytetyön myötä laitteenkäyttäjällä on pääsy kaikkiin takaosa komponentteihin hyvin helposti.

1.4 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö rajattiin yhdessä esimieheni kanssa koskemaan DD211 kaivosjumbon takaosan teräsrakenteiden suunnittelua. Suunnittelutyöhön kuuluivat 3D-mallien suunnittelu, hitsauskokoonpanojen teko, asennuskokoonpanojen teko, ohutlevypiirustusten teko, hitsauspiirustusten teko, kokoonpanopiirustusten teko ja asennuspiirustusten teko.

1.5 Sandvik DD211

DD211 on Sandvik Miningin valmistama pienikokoinen kaivosjumbo, jossa on yksi porauspuomi. Laite on suunniteltu niin sanottuihin NV kaivoksiin, jotka ovat todella kapeita. Laitteella pystytään poraamaan pientä 2,5m x 2,5m olevaa tunnelia. Mikäli laitteella halutaan tehdä suurempaa tunnelia, pystyy DD211 myös poraamaan tunnelia, jonka peittoala on 4m x 4m. Laitteen kokonaispituus on 9,5 metriä ja leveys 1,39 metriä. Vaadittaessa laitteen saa kavennettua 1,2 metrin levyiseksi. Laitteen kokonaispaino on noin 13 000 kg. Laitteen ohjaus on toteutettu rungossa olevan keskinivelen avulla.



(Sandvik DD211, Sandvik, 2012)

Laitteen rakenne koostuu moduuleista: taka-, etu- ja porausmoduulista. DD211 on ensimmäinen Sandvik Miningin valmistama laite jossa pyörien voimansiirto on toteutettu napamoottorien avulla, joten laitteessa ei ole akseleita eikä kardaania. Tämä säästää tilaa ja näin on saavutettu myös kevyempi kokonaispaino.

Porausmoduulissa on yksi porauspuomi, johon on vakiona kiinnitetty 12” pituinen CF syöttölaite. Lisävarusteena laitteeseen on mahdollista ostaa CFX- teleskooppi syöttölaite, jossa on kaksi palkkia päällekkäin ja se toimii teleskooppimaisesti ja näin ollen säästää tilaa. Pituutta syöttölaitteella on 6-12” riippuen siirtosylinterin asennosta.

Vakiona laitteessa on SB20-puomi, mutta lisävarusteena myydään myös SB20NV-puomia, jossa on ylimääräinen akselin kierto ominaisuus.

2 YRITYS

2.1 Sandvik

Göran Fredrik Göransson perusti Sandvikin vuonna 1862 Sandvikenissa. Göransson osti vuonna 1855 rautaruukin nimeltä Högbo Bruk ja alkoi pian sen jälkeen soveltaa Bessemer - menetelmää korkealaatuisen teräksen tuotantoon. Myöhemmin hän osti oikeudet menetelmän käyttöön ja pikkuhiljaa Sandvik laajensi toimintaansa lopputuotteisiin, kuten sahoihin ja muihin työkaluihin, reiälliseen porateräkseen ja teräsputkiin.

Nykyisin Sandvik koostuu viidestä eri liiketoiminta-alueesta. Nämä alueet ovat Mining, Construction, Materials Technology, Machining Solutions ja Venture. Suurimmat näistä alueista ovat Mining, Materials Technology ja Machining Solutions.

Sandvikillä on nykyään toimintaa yli 130:ssa eri maassa ja yli 50 tuhatta työntekijää. Sandvikin liikevaihto oli vuonna 2011 hieman yli 94 miljardia Ruotsin kruunua.

Suomessa Sandvik pitää viittä toimipistettä, jotka toimivat Tampereella, Turussa, Lahdessa, Hollolassa ja Vantaalla. Tampereella, Turussa ja Lahdessa valmistetaan tuotteita, jotka liittyvät louhintaan ja kallionporaamiseen.

2.2 Tamrock

Vuonna 1943 Tampereen Pellava- ja Rauta-Teollisuus Osake-yhtiön konepaja aloitti porakoneiden osien valmistuksen. Toinen maailmansota oli lopettanut varaosien tuonnin suomalaisten kaivosten ulkomaalaisvalmisteisiin paineilmakäyttöisiin käsiporakoneisiin. Vuonna 1952 myytiin ensimmäinen porakone, asiakkaana toimi Tampereen kaupunki.

1969 Konepajan paineilmakoneosasto perustettiin omaksi yksiköksi nimellä Tampella TAMROCK. Kaksi vuotta myöhemmin tehtiin päätös Myllypuron tehtaan rakentamisesta. Sandvikin kanssa Tamrock aloitti yhteistyön ensimmäisen kerran 1989. Ja jo vuonna 1991 Sandvik osti Tamrockista 19,9 % osuuden.

Vuonna 1997 Sandvik osti Tamrockista 90 % omistusosuuden. Ja 2006 Tamrock nimestä luovuttiin kokonaan ja tilalle tuli Sandvik Mining and Construction Oy.

2.3 Tuotteet

2.3.1 Maanalaiset poralaitteet

Sandvik Mining tarjoaa asiakkailleen kaivos- ja tunneli-, pitkäreikä- ja lujitusporalaitteita. Näillä laitteilla pystytään tekemään erilaisia tunneleita ja kaivoksia maan alle.

Kaivosporalaitteet on suunniteltu nimensä mukaisesti kaivosporaukseen, ja ne on suunniteltu kestäämään äärimmäisen kovia olosuhteita. Kaivosjumbot ovat pienempiä peittoalaltaan kuin tunnelijumbot. Kaivosjumboilla voidaan porata tunnelia jonka koko vaihtelee 3 x 3 metristä, 5 x 5 metriin, riippuen laitemallista.

Tunneliporalaitteet on suunniteltu poraamaan kiveä nopeasti, tarkasti ja tehokkaasti. Tunnelijumboissa on 2-3 porauspuomia ja niihin saa lisävarusteena 1 tai 2 koripuumia. Suurimmalla tunnelijumbolla voidaan porata jopa 13 x 19,1 metrin kokoista tunnelia.

Lujituslaitteilla lujitetaan tunneleiden kattoja ja seiniä, pulttaamalla kallioon pitkiä pultteja ja asettamalla verkkoa tunnelin kattoon. Verkon avulla estetään kivien putoaminen katosta.

Tuotantoporauslaitteilla voidaan porata 50 -100 metriä syviä reikiä kallioon. Näiden reikien avulla saadaan louhittua malmi ulos kaivoksesta, lisäksi pitkien reikien avulla voidaan tutkia, missä arvomineraali juonteet kalliossa kulkevat.



(Sandvik DD531-S60C)

2.3.2 Maanpäälliset poralaitteet

Sandvik Constructionin tuotteet on suunniteltu pääasiassa rakennusteollisuuteen. Myös Construction puoli tarjoaa asiakkailleen laajan kirjon erilaisia tuotteita, jolla pyritään siihen, että asiakkaan on mahdollista hankkia kaikki tarvitsemansa tuotteet yhden brändin alta.

Maanpäällisiä poralaitteita käytetään paljon maanrakennuksessa ja avolouhoksilla.



(Sandvik DP 1500i)

3 TYÖN VAATIMUKSET

3.1 Komponenttien huoltotoimenpiteet

Poralaitteessa on useita komponentteja, mitkä vaativat huoltotoimenpiteitä tietyin väliajoin. Tässä työssä on keskitytty kompressorin, Ansul -sammutusjärjestelmän ja IP5-vedenerottimen huoltoon.

Laitteen takaosassa sijaitsevan kompressorin tehtävänä on tuottaa suurta ilmanpainetta, jolla saadaan puhdistettua porattuja reikiä. Kompressorin huoltoon kuuluu tarkistaa kompressorin hihnan kireyttä noin kuukauden välein ja tarkistaa onko hihna vielä käytökelpoinen. Mikäli hihna on kulunut, se tarvitsee vaihtaa. Lisäksi kompressorissa on sähkömoottori ja ohjausyksikkö.

Ansul on poralaitteen sammutusjärjestelmä. Poralaitteen takaosassa sijaitsee Ansul sammutuspullo sekä sammutusjärjestelmän laukaisinpullo. Ansul- laukaisinpullon huolto-ohjelmaan kuuluu, että pulloa ravistellaan kerran kuukaudessa, jotta pullossa oleva jauhe ei pääse sakkautumaan.

IP5-vedenerotin ei tarvitse usein huoltoa, eikä sille ole erillistä huolto-ohjelmaa. Mikäli suodatin tukkeutuu, se tarvitsee avata ja poistaa tukokset. IP5-vedenerotin on kuitenkin hyvä tyhjentää kerran päivässä, mikäli laitteella on porattu.

3.1.1 Turvallisuusvaatimukset

Sandvikille turvallisuus on tärkeä prioriteetti poralaitteiden suunnittelussa. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon kaikki vaaratekijät ja minimoida riskit käyttäjän kannalta. Tässä työssä suurin haaste oli suunnitella kompressorin huolto niin turvallisesti, että se läpäisee turvallisuusvaatimukset.

3.1.2 Työn ajalliset vaatimukset

Työtä suunniteltaessa lähtökohdiksi asetettiin, että takaosaan tulevan oven saa auki kolmessa minuutissa ja, että koko kompressorin saadaan tarvittaessa vaihdettua kahdessa työpäivässä.

Alkuperäisessä kokoonpanossa kompressorin vaihto oli lähes mahdotonta, koska melkein kaikki takamoduulin komponentit on asennettu sen ympärille. Tämän vuoksi kompressorin vaihtamiseksi, takaosasta pitäisi purkaa yli puolet komponenteista ja osa teräsrakenteista, kompressorin vaihtoa varten. Tämä tarkoittaa ajallisesti viikon työtä. Myös kompressorin perushuolto on hankalaa, eikä esimerkiksi hihnan kireyttä pääse tarkastamaan mistään suunnasta helposti.

4 TYÖN TEORIAA

4.1 Piirustukset

Tekninen piirustus on teknisten asioiden niin perusteellinen ilmaisutapa, ettei sellainen ole millään muilla tavoin mahdollista. Nykyaikainen tekniikka ei ole mahdollista ilman piirustuksia. Ei ainoastaan piirustuksen laatijoiden, vaan myös piirustuksien lukijoiden tulee hallita piirustussäännöt. (Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Kun tuotteita valmistetaan teollisesti, tulee ne ensin suunnitella. Tällöin otetaan huomioon tuotteen hyvä toimivuus, sen valmistusmahdollisuudet, valmistuksen ja käytön taloudellisuus jne. Suunnitelmien perusteella tuotteesta laaditaan piirustukset, joiden mukaan valmistukseen koulutetut ammattihenkilöt tekevät itse tuotteen.

(Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Piirustuksille on erittäin tärkeää, ettei niissä ole pienintäkään virhettä ja siten, että piirustukset ovat selkeästi luettavissa. Mikäli piirustuksissa on virheitä, ne johtavat väistämättä valmistusvirheisiin, ja tätä kautta isompiin kustannuksiin ja aikataulujen venymisiin. Yleiset piirustustyyppit ovat: ohutlevypiirustus, hitsauspiirustus ja kokoonpanopiirustus.

Opinnäytetyön piirustusten teko aloitettiin hitsauspiirustuksilla. Itse suosin tätä tapaa, että hitsauskuvat tehdään ennen muita piirustuksia, koska niitä tehdessä huomaa hyvin mikäli joku osa ei sovi paikalleen tai se törmää johonkin kulmaan. Tällöin muutokset osiin on helppo tehdä eikä tarvitse tehdä samoja kuvia kahteen kertaan.

Piirustusten tekoon kului aikaa 3 viikkoa, koska niiden tekeminen on hidasta ja työlästä. Varsinkin suuret hitsauspiirustukset ovat monelle suunnittelijalle hyvin aikaa vieviä ja hankalia tehdä, koska kaikki hitsausmerkit ja saumojen paksuudet pitää olla oikein mitoitettu.

4.1.1 Hitsauspiirustusten perusteet

Levyistä, tangoista, putkista valmistettujen rakenteiden piirustuksia, joissa ovat hitsaus-ten suorittamista varten tarpeelliset merkinnät ja muut ohjeet, nimitetään hitsauspiirustuksiksi. Hitsaustekniikan kehitys näkyy hitsausmerkinnöissä: niihin sisällytetään paljon erilaisia tietoja (esim. hitsausmenetelmä, hitsien luokittelu). (Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Tavanomaisiin hitseihin on yleensä tarkoituksen mukaista soveltaa standardin tunnuskuvalaisia hitsausmerkintöjä, mutta hitsin muodot voidaan tarvittaessa esittää myös yleisten teknisten piirustusten piirustusstandardien mukaisesti. (Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Hitsausmerkintä sisältää:

- Perusmerkin, jota voidaan täydentää lisämerkeillä
- Mitoituksen
- Lisämerkintöjä

(Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Hitsaajalle on myös tärkeää tietää, miten metalli reagoi hitsauksesta tulevaan lämpöön, ettei kappaleeseen pääse tulemaan minkäänlaisia lämmönaiheuttamia vääntöjä. Nämä asiat on tärkeä ottaa huomioon myös suunnittelutyötä tehdessä. Yksi keino miten voi hitsaajan työtä helpottaa, on numeroida kokoonpanon osanumerot niin, että ne kertovat hitsaajalle missä järjestyksessä kokoonpano kannattaa hitsata.

4.1.2 Ohutlevypiirustusten perusteet

Esineen muoto ja koko määritetään koneenpiirustuksissa projektion tai useampien projektioiden sekä mittalukujen ja tunnusten avulla. Itse projektioista ei oteta mittoja mittaamalla, vaan projektiot ovat apuna kappaleen mitoituksessa. Piirustusta tulkitaan siis sen muotojen ja mittalukujen avulla. (Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Piirustuksessa olevat mitat ovat siis valmiin osan tai tuotteen lopullisia mittoja, ellei tekijä ole piirustuksessa toisin maininnut. Ohutlevy piirustuksen tulee olla selkeästi mitoitettu niin, ettei kappaleen sisälle jäisi mittoja vaan mitat olisivat selkeässä järjestyksessä projektion ulkopuolella.

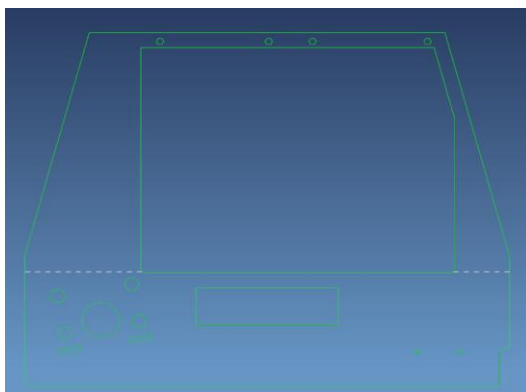
Työpiirustus on ensisijaisesti kappaleen tai laitteen valmistusohje, jossa on kaikki toiminnan ja valmistuksen vaatima tieto yksikäsitteisesti ja selvästi esitettynä. (Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Työpiirustuksen tulee olla:

- Yksiselitteinen ja
- Selvä (=hyvä luettavuus)

(Aimo Pere, Koneenpiirustus, 2004)

Nykypäivänä ohutlevypiirustuksista tehdään myös erillinen DFX- tiedosto, joka lähetetään kappaleen valmistajalle piirustuksen lisäksi. Tämä DFX- tiedosto syötetään tietokoneelle ja laite osaa sen perusteella leikata levystä oikean muotoisen. Kun levy on leikattu, valmistaja voi vain tarkastaa piirustuksesta, että levy on oikean muotoinen ja tehdä mahdolliset taitokset jos niitä on merkitty kappaleeseen. Tämä säästää runsaasti aikaa tekijältä ja koko valmistusprosessi on täten paljon nopeampi.



(DFX-kuva, Niemi, 2013)

5 PORALAITTEEN TAKAOSAN SUUNNITTELU

5.1 Konseptointi

Ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta on hyvä tarkastella alkuperäisen poralaitteen rakennetta ja tehdä erilaisia konseptointi -ideoita tämän pohjalta. Tutkitaan, mitä ideoita kannattaa lähteä jalostamaan ja mitä ei. Tämä vaihe on todella tärkeä varsinaisen suunnittelun työn kannalta ja helpottaa mallinnusta suuresti.

Kaiken kaikkiaan konseptointiin kului aikaa noin kaksi viikkoa.

5.1.1 Konseptointi-ideat

Liukukiskot

Ensimmäinen konseptointi idea oli suunnitella kompressorin alle liukukiskot joiden avulla kompressorin voitaisiin liu`uttaa ulos joko laitteen takaosasta oven kautta tai laitteen sivusta. Kompressorin sijainnin vuoksi takaoven kautta kulkevat kiskot olisivat vaatineet paljon runkorakenteisiin muutoksia. Kompressorin sijaitsee noin 100 mm alempana kuin rungon alareuna perässä, eikä kompressorin ole mahdollista nostaa niin paljon ylöspäin, koska sen yläpuolella sijaitsee IP5-vedenerotin.



(Niemi, 2013)

Toinen vaihtoehto, jossa kompressori kuljetettaisiin oikealta puolelta, kiskojen avulla ulos koettiin myös hankalaksi toteuttaa. Kompressorin oikealla puolella sijaitsee jarrujen vapautuspumppu, eikä sille löydetty mahdollista korvaavaa paikkaa.

Takaovi

Jo työn alkuvaiheessa oli nähty hyväksi vaihtoehdoksi suunnitella laitteen perään avattava ovi, josta pääsisi käsiksi takamoduulin komponentteihin. Tässä vaihtoehdossa tulisi suunnitella koko takamaski uudelleen ja suunnitella myös erillinen ovi. Takaoven haasteisiin kuuluvat siinä kiinni olevat osat, kuten vesiletku, pyörä kiilat ja jauhesammutin. Nämä kaikki kuuluvat osaksi takaosaa, eikä niille ole tilaa missään muualla laitteessa.



(Niemi, 2013)

Luukku takarunkoon

Yksi palautteista ja minun omista huomioista kohdistui jo ensimmäisen protolaitteen kohdalla siihen, että miten kompressori olisi mahdollista vaihtaa. Kompressori on sijoitettu kahdessa ensimmäisessä tuotantolaitteessa siten, että se on ensimmäinen komponentti mikä perämoduulin asennetaan joten kaikki muut osat on asennettu sen ympärille. Kun kahden ensimmäisen laitteen kohdalla kompressorin vaihto tulee ajankohtaiseksi se tarkoittaa, että perämoduulista joudutaan purkamaan noin puolet kaikista osista. Se on valtava työ asentajille ja ajallisesti siihen kuluu noin kaksi viikkoa.

Ongelman ratkaisemiseksi alkoi hahmottelu mahdollisesta luukusta, joka sijoitettaisiin suoraan kompressorin alle ja täten mahdollistaisi kompressorin laskemisen alakautta pois. Luukku vaati paljon muutoksia alustan takarunkoon ja oli suhteellisen haastava toteuttaa toimivasti.

Luukkuun mietittiin myös erilaisia kiinnitys ja laskemistapoja:

- Luukussa saranat
- Luukku pulttikiinnitteinen
- Luukku lasketaan trukin avulla
- Luukulla erillinen oma laskeutumisjärjestelmä (sähkömoottori)

5.1.2 Valittu konsepti

Valituksi konseptiksi opinnäytetyötä varten valittiin: takaoven ja takamaskin suunnittelu sekä pulttiliitteinen luukku alustan takarunkoon, joka saadaan laskettua trukin avulla maahan.

Päätös konseptin valinnasta tehtiin yhdessä esimieheni kanssa ja tähän konseptiin päädyttiin, koska takaovi on realistisempi suunnitella kuin liukukiskoinen järjestelmä. Trukin avulla laskettavaan luukkuun päädyttiin, koska kompressorin on pakko saada vaihdettua jossain vaiheessa koneen elinkaarta ja näistä esille tuodusta kahdesta vaihtoehdosta tämä oli puhtaasti tuotantokustannustehokkaampi.

5.2 Valmiit komponentit

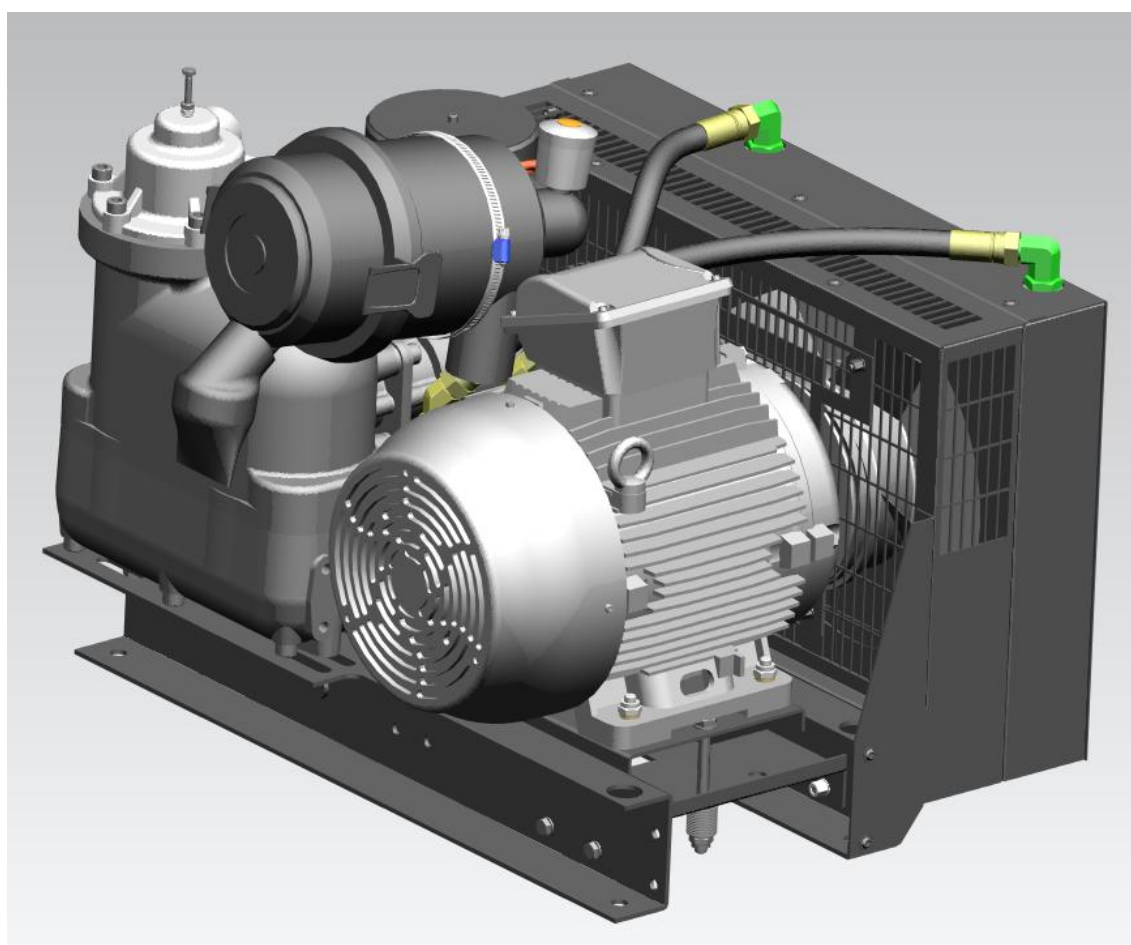
Laitteessa on paljon kaupallisia komponentteja, mitkä ovat vaadittavia täydellisen toiminnan takaamiseksi. Takaosassa näitä komponentteja on kompressorin, Ansul-sammutusjärjestelmä, sammutuspullo, ajovoiman-siirron jäähdytin ja IP5-vedenerotin.

Uudelleen suunnittelussa piti tehdä muutoksia takarungon muutamisiin levyosiin, joten ne piti mallintaa, sekä takarungosta piti tehdä uusi hitsaus ja asennuspiirustus sen vuoksi. Takamaski suunniteltiin ja mallinnettiin lähes kokonaan uusiksi ja siitä tehtiin myös kaikki piirustukset uudestaan.

5.2.1 Kompressorit

Laitteessa oleva kompressor on kaupallinen komponentti, jonka valmistaja on Gardner Denver Oy. Gardner Denver Oy on amerikkalainen yhtiö joka valmistaa erilaisia kompressoreja ja pumppuja ympäri maailmaa. Gardner Denver Oy: llä on toimipiste myös Tampereella, josta tulee Sandvikille tulevat kompressorit.

DD211 poralaitteen kompressorit tuottaa tehoa 7,5 kilowattia ja se toimii 50 -60 Hz:n taajuudella mallista riippuen. Kompressorin tehtävänä on tuottaa ilmanpainetta, jolla saadaan puhdistettua porattuja reikiä.

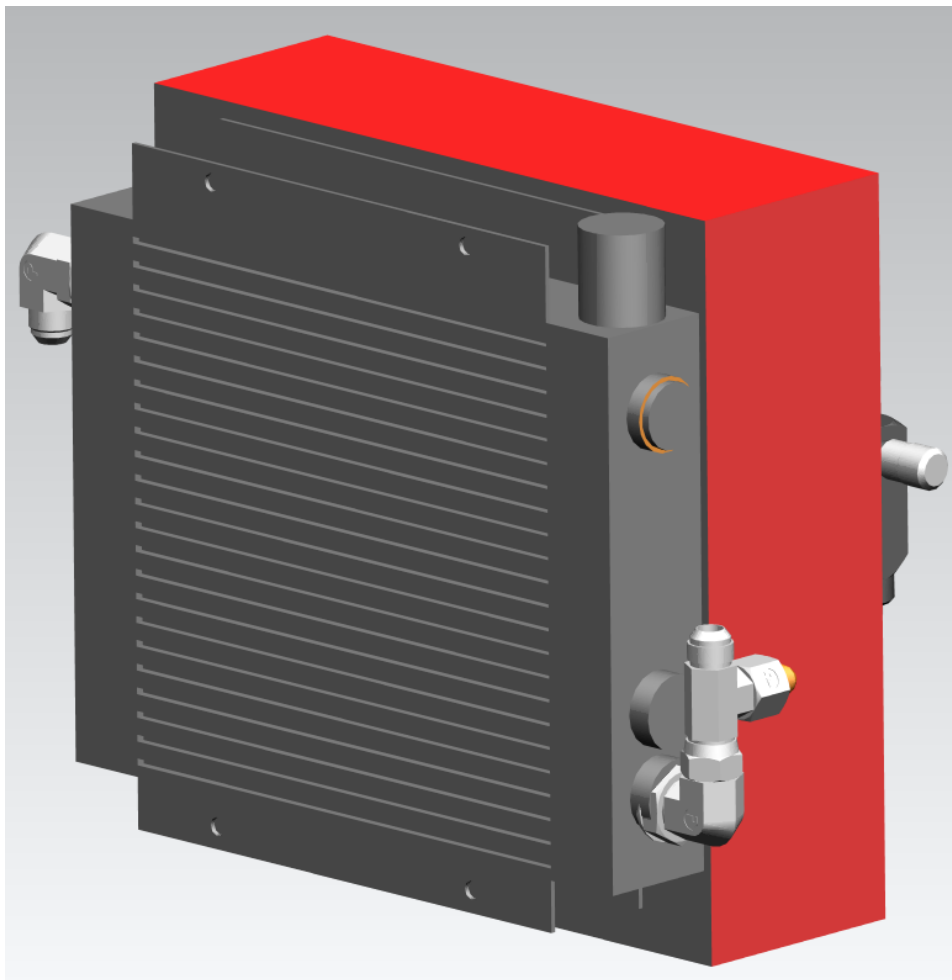


(Gardner Denver, 2012)

5.2.2 Jäähdytin

Laitteen sivuun sijoitetun jäähdyttimen tehtävänä on jäähdyttää ajovoimasiirrosta tulevaa lämmintä öljyä ja näin ollen vähentää ajomoottorin pumpun lämpenemistä. Öljy ohjataan jäähdyttimelle ajomoottorin pumpulta hydraulikkaletkuja pitkin ja öljy kiertää jäähdyttimen läpi sen sisällä olevia putkia pitkin. Kiertäessään jäähdyttimen läpi öljyn lämpötila laskee noin 15 celsiusastetta.

Jäähdytin on Hydac Oy:n valmistama ja se toimii 20 kilowatin teholla. Jäähdyttimessä kulkee öljy 20 barin paineella ja tuuletin pyöriin 3000 kierrosta minuutissa.



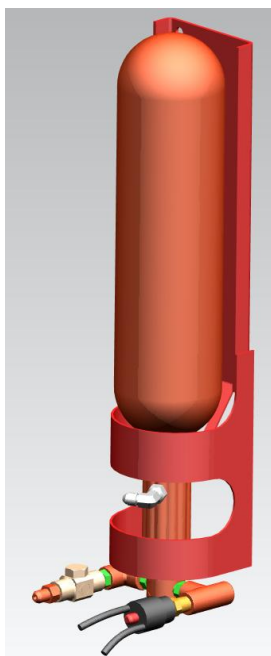
(Hydac, 2012)

5.2.3 Ansul-pullo

Ansul on vuonna 1939 Amerikassa perustettu yritys. Ansul tarjoaa asiakkailleen laajan valikoiman erilaisia sammutusjärjestelmiä. Sandvik käyttää monissa laitteissaan Ansulin tarjoamia tuotteita.

DD211 laitteessa Ansul -järjestelmää on saatavana joko automaattisena tai manuaalisena. Automaatti versiossa laitteeseen on sijoitettu palolanka, joka kiertää laitteen sisällä, kun palo havaitaan, se laukaisee patruunan josta lähtee kaasu sammutuspullolle, joka ohjaa sammutusaineen eripuolille laitetta sijoitettuihin suuttimiin, jotka kattavat laitteen koko sisällön.

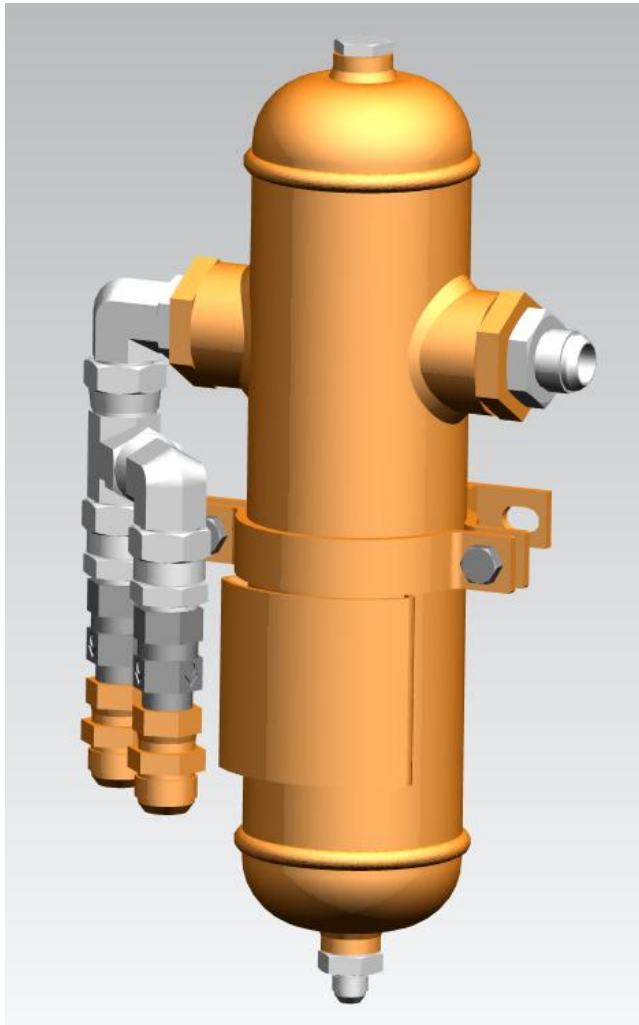
Manuaalisessa versiossa toimintatapa on samankaltainen paitsi, että siinä ei ole palolankaa vaan laitteeseen on sijoitettu kolmeen (3) eri kohtaan laukaisupulloja. Kun käyttäjä painaa laukaisupullon kytkintä se lähettää kaasun sammutuspullolle, joka ohjaa sammutusaineen eripuolille laitetta sijoitettuihin suuttimiin, jotka kattavat laitteen koko sisällön.



(Ansul, 2010)

5.2.4 IP5-vedenerotin

IP5-vedenerottimen tehtävänä on erottaa öljystä, siihen kulkeutunut vesi pois. Ylimääräinen vesi poistetaan pohjassa olevan nipin kautta vedenerottimesta pois. IP5-vedenerottimen suurimpia hyötyjä on sen helppo huollettavuus ja pitkä käyttöikä. Sitä ei tarvitse huoltaa, mutta siihen kertyneet vedet on hyvä poistaa jokaisen porausvuoron jälkeen.

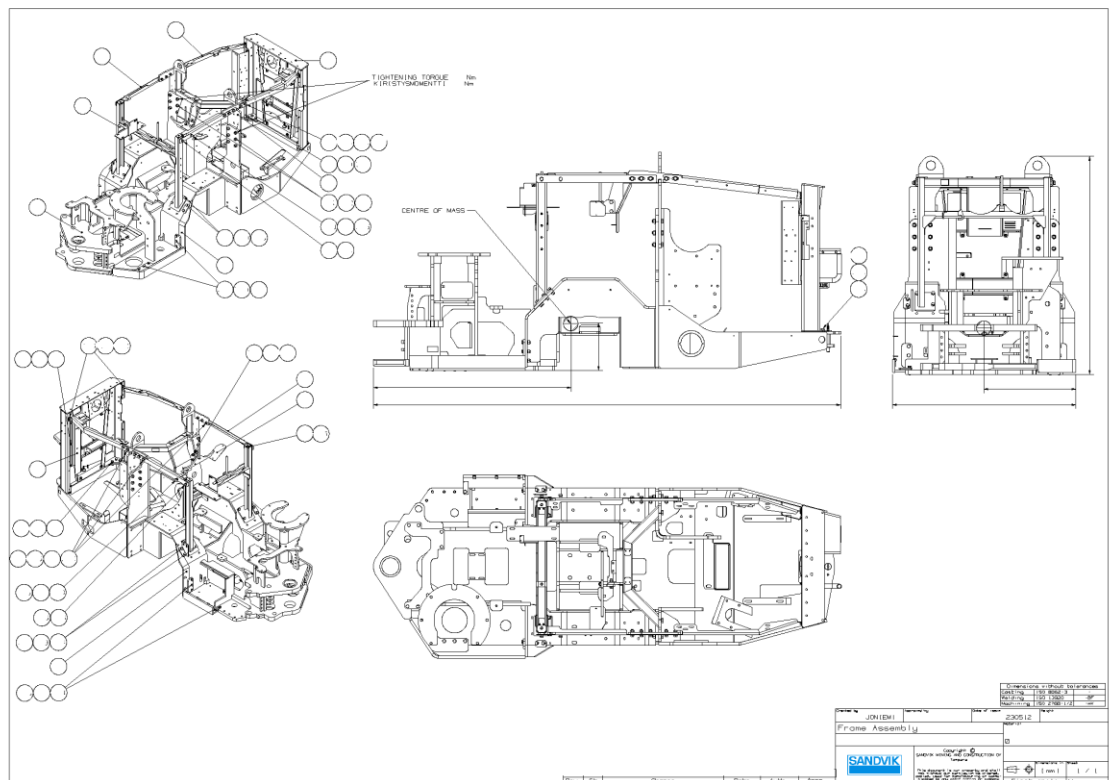


(Sandvik, 2013)

5.2.5 Runko-osat

Takarunko

Valmiina olleeseen takarunkoon suunniteltiin reikä juuri kompressorin kohdalle ja mallinnettiin uuteen runkoon tarvittavat levyosat, jotta luukku saadaan toteutettua. Kuten kuvasta näkyy alkuperäisessä rungossa, koko takaosa menee viistosti ja ensimmäisissä laitteissa kompressorin alta kuljetettiin hyvin paljon hydrauliikkaletkuja. Takarunko painaa 1600 kilogrammaa ja se on yksi laitteen kalleimmista kokonaisuuksista.



(Sandvik, 2012)

Takamaski

Takamaskin tehtävänä on antaa tukea laitteen katteille ja kannatella kateruoteita, joihin katteet tulevat kiinni. Takamaskiin on myös sijoitettuna vesiletku, vierinnänesto palat ja jauhesammutin. Alkuperäiseen kokoonpanoon on suunniteltu kaksi aukkoa, joihin tulee kiinni erilliset reikälevyt, jotka ovat osa katekokoonpanoa.

Alkuperäisten reikälevyjen tarkoitus oli mahdollistaa huoltotoiminta. Reikälevyt ovat takamaskissa kiinni pulttiliitoksella, kun levyt otetaan irti, pystytään komponentit niiden takana huoltamaan.

Takamaskin uudelleensuunnittelu tuli aiheelliseksi, koska reikälevyt oli suunniteltu liian pieniksi, eikä niiden kautta huoltotoimintaa päästy kunnolla tekemään.



(Niemi, 2013)

6 VALITUN KONSEPTIN TOTEUTUS

Suunnitellut levyosat ja kokoonpanot mallinnetaan NX 7.5 – mallinnusohjelmaa käyttäen. Ohjelman avulla pystytään toteuttamaan kaikki suunnitteluun liittyvät prosessit, kuten osa-, pinta- ja kokoonpanomallinnukset. Kun kokoonpano luodaan, siihen tuodaan tarvittavat osat ja asetetaan ne oikealle kohdalleen kokoonpanoon. Ohjelma muodostaa osien ja kokoonpanojen välille sidoksen, eli kun jotain osaa muutetaan, niin tämä muutos näkyy myös heti kaikissa niissä kokoonpanoissa mihin osa on liitetty. Tehdyistä kokoonpanoista saadaan automaattisesti tehtyä myös valmistus- ja asennuspiirustukset ja osaluettelot. Sandvik käyttää NX - mallinnusohjelman yhteydessä Teamcenter nimistä PDM- ohjelmaa, josta löytyy kaikki Tampereen tehtaan tekemät mallit ja piirustukset, ja niiden rakenteet.

Konseptin toteutukseen käytettiin aikaa 8 viikkoa. Tästä ajasta 5 viikkoa käytettiin mallien tekemiseen ja niiden hiomiseen. Piirustusten tekoon ja rakenteiden ajamiseen tuotantojärjestelmään kului aikaa 3 viikkoa. Kun rakenteet on ajettu tuotantojärjestelmään, ostajat löytävät ne ja niihin liitetty rakenteen ja näin ollen pystyvät tilaamaan suunnitellut osat.

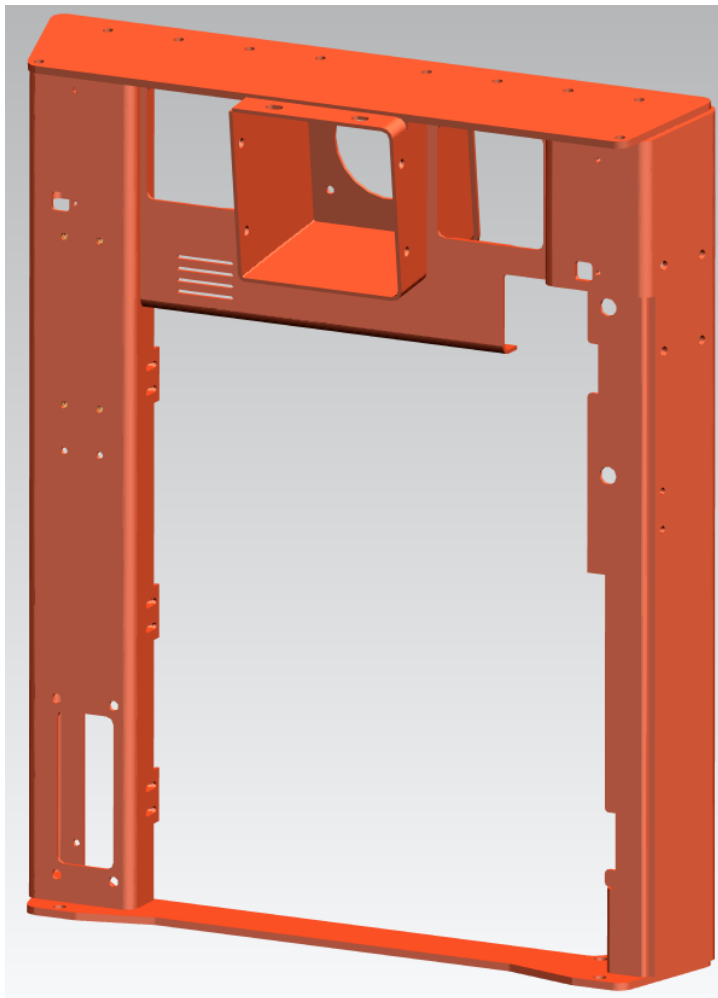
Mallit muuttuivat työn aikana moneen kertaan ja viimeiset muutokset ja yksityiskohdat muutettiin vasta, kun hitsauspiirustuksia tehtiin.

6.1 Takamaskin mallinnus

Takamaski

Takamaskin mallinnuksessa kavennettiin sivuilla olevia tukirautoja, jotta oven pinta-alasta tulisi suurempi. Tällöin pääsee paremmin huoltamaan osia ja tekemään tarkistuksia. Takamaskin suunnittelussa tuli myös ottaa huomioon se, ettei rakenteesta tule liian heikko, sillä se kannattelee suuren osan katteiden painosta ja sen tulisi kestää myös pienet törmäykset jos sillä ajetaan luolan seinämiin. Tämän vuoksi sivulla olevia levyosien paksuus vaihdettiin 5 millimetristä, 8 millimetriin.

Takamaskin pitää myös kestää oven tuottama lisäpaino, noin 40 kilogrammaa ja vasempaan sivutukeen tulee kiinni jäähdytin, joka painaa käytössä ollessaan noin 50 kilogrammaa.



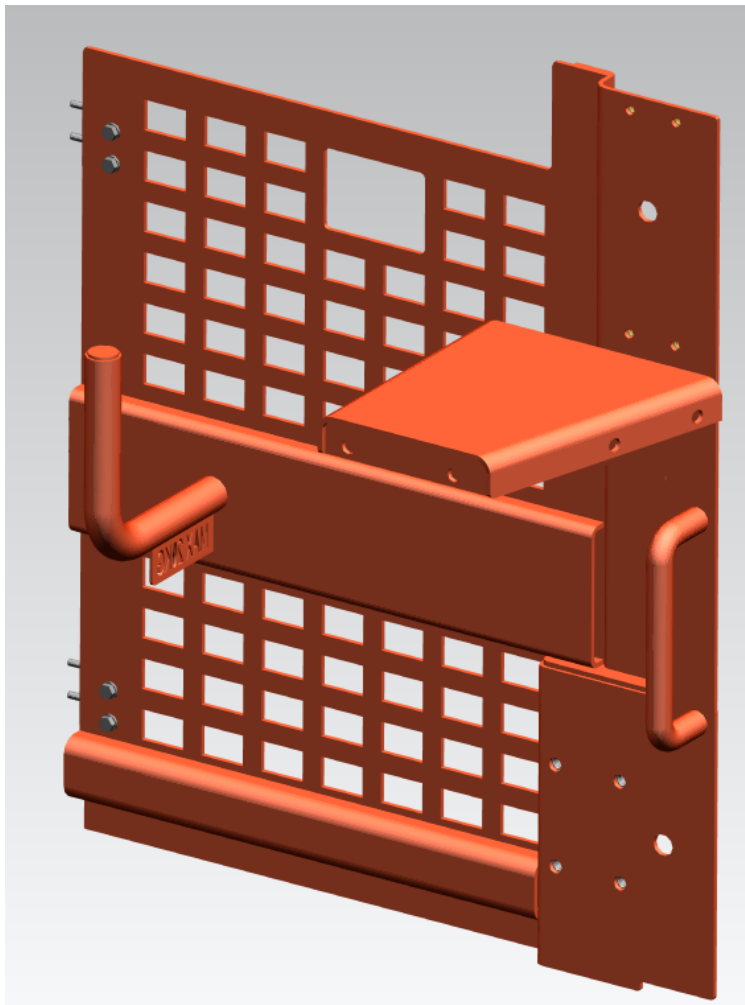
(Niemi, 2013)

6.2 Takaoven mallinnus

Ovi

Oven mallinnuksessa piti huomioida koko ajan se, miten oven hitsaus ja kokoonpano voidaan toteuttaa. Ovi on toteutettu monesta eri levyosasta, joten hitsauskokoonpanon tarkastelu oli erittäin tärkeää. Isoimmat levyt menevät limittäin rakenteessa, jolla saadaan toteutettua vaadittavaa rasituksen kestoa.

Oveen tulee jonkin verran rasitusta aina sitä avattaessa ja siinä on sammutinpullo koko ajan kiinni, lisäksi sen tulee tukea takamaskia ja vahvistaa sitä, siksi oli tärkeää, että ovesta tuli tarpeeksi tukeva. Oven lähes kaikki levyosat on valmistettu 8 millimetrin paksuisesta teräslevystä ja lisäksi rakenteeseen lisättiin kaksi U-palkkia, jotka jäykistävät oven rakennetta.



(Niemi, 2013)

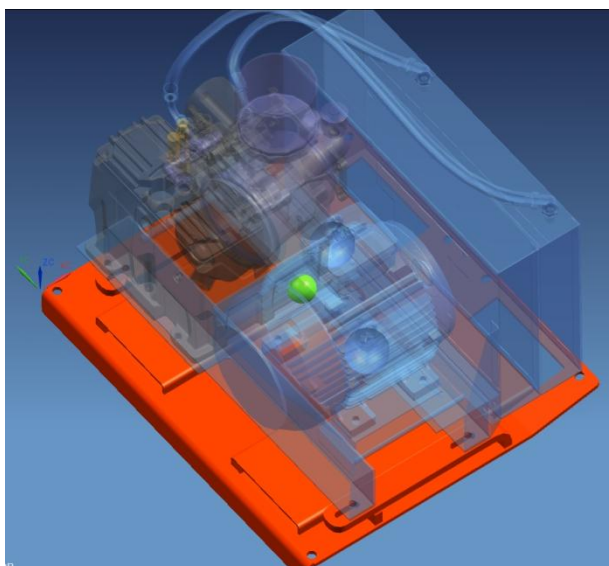
6.3 Pohjalevyn mallintaminen takarunkoon

Luukku

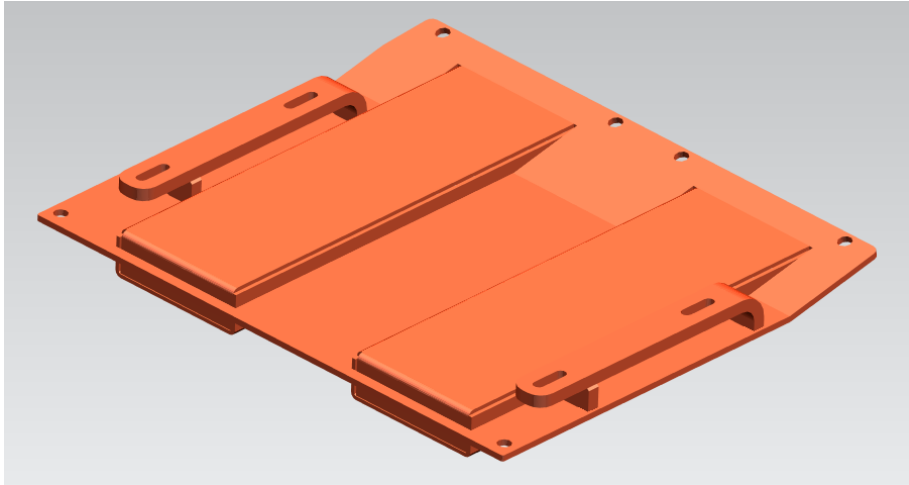
Runko-osien mallinnustyö alkoi luukun hahmottelemisella alustan takarunkoon. Luukku vaati muutoksia takarunkoon johon piti tehdä noin 800 x 700 mm kokoinen reikä, josta kompressorin on mahdollista laskea pois. Luukun tekeminen vaati myös joitakin muutostöitä muillekin komponenteille, kuten vesipumpun ja kaapelikelaan liittyvän hydraulikkalohkon siirtämistä, koska ne olivat lähes kiinni kompressorissa ja täten tiellä kun kompressorin lasketaan pois.

Luukun rakenteeseen kuuluu trukkipiikki kotelot, kompressorin kannattimet ja pohjalevyt. Mallinnusta tehtäessä pohjalevystä päätettiin tehdä tasainen, koska se säästää tilaa kun kompressorin lasketaan maahan ja se voidaan myös laskea tasaiselle alustalle. Luukua suunniteltaessa piti ottaa huomioon myös kompressorin ja luukun massakeskipiste, sillä tilanpuutteen vuoksi piikkikoteloista eivät voi olla kovin pitkiä niin oli tärkeää, ettei massakeskipiste sijaitse liian takana.

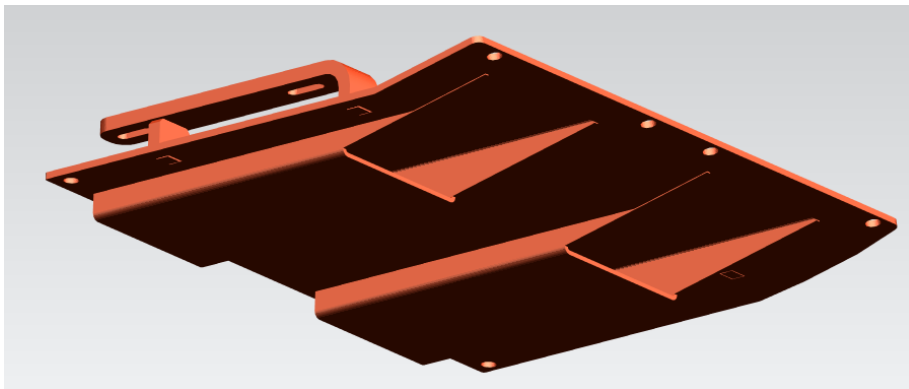
NX 7.5 pystyy näyttämään mallista kokoonpanon massakeskiön. Massakeskiö on se piste, mistä nostettaessa komponentti pysyy suorassa. Kuvassa näkyy kokoonpanon massakeskipisteen sijaitsevan hieman rakenteen vasemmalla puolella sivuttaissuunnassa ja pitkittäissuunnassa lähes keskellä. Tämän tarkastelun perusteella todettiin, että malli on toimiva ja se voidaan toteuttaa. Vihreä pallo on massakeskipiste.



(Massakeskipiste, Niemi, 2013)



(Niemi, 2013)



(Niemi, 2013)

Luukun mallinnusta aloitettaessa takarunkoon tehtiin ensin reikä, josta kompressorin mahdutaan pudottamaan alas. Tämän reiän pohjalta yllä olevissa kuvissa olevaa koonpanoa alettiin mallintaa.

Luukku kiinnitetään runkoon kiinni kuudella (6) M16x40 kuusiopultilla. Nämä pultit jaksavat helposti kannatella kompressorin painon.

6.3.1 Kompressorin vaihtaminen

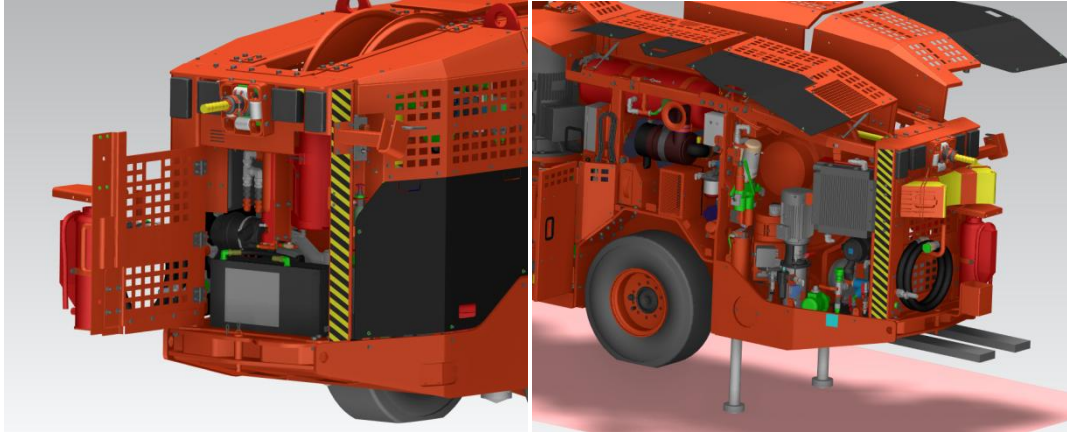
Kompressorin pois ottaminen jakautuu viiteen eri työvaiheeseen. Kaikki nämä työvaiheet tulee suorittaa huolellisesti ja ohjeiden mukaisesti. Kompressorin pois ottamista valmisteltaessa, poralaite tulee ajaa huoltohalliin, missä on saatavilla tarvittavat työkalut ja työvälineet, kuten trukki.

Ensimmäinen työvaihe on laitteen nostaminen maatuille. Maatuet tulee tukea erillisillä tuilla, jotta se saadaan tukevasti lattiaa vasten.



(Niemi, 2013)

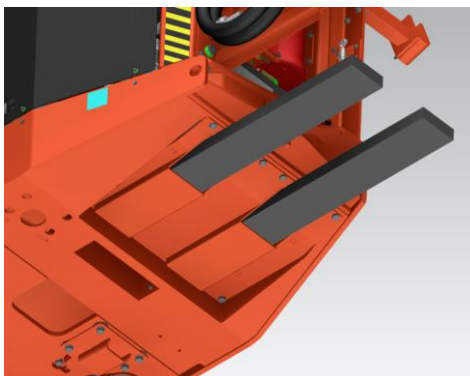
Toisessa vaiheessa avataan taakse suunniteltu huolto-ovi ja nostetaan katteet yläasentoon, ja luodaan pääsy kompressorille. Kompressorista tulee irrottaa ja tulpata kaikki siinä olevat hydraulikkaletkut. Asentajan tulee tässä vaiheessa varmistaa myös, että kompressorin sivuille jää tarpeeksi vapaata tilaa ja ettei kompressorin alle jää mitään letkuja tai osia.



(Niemi, 2013)

Kolmannessa vaiheessa ajetaan trukin piikit paikoilleen, niille suunniteltuihin telineisiin, jotka ovat osa luukkua. Piikit tulee nostaa aivan levyn yläpintaa vasten ja aivan telineiden päätyihin, koska tällä varmistetaan se, ettei kompressorin pääse tippumaan asentajan päälle.

Piikkien paikalleen laittamisen jälkeen otetaan kuvassa näkyvät pultit pois. Pultteja on luukussa kuusi (6) kappaletta, kaksi edessä ja neljä takana. Irrotustyö suoritetaan kokonaan laitteen ulkopuolelta, koska pulttien vastakappaleina olevat mutterit on hitsimuttereita, jotka on hitsattu kiinni laitteen takarunkoon.

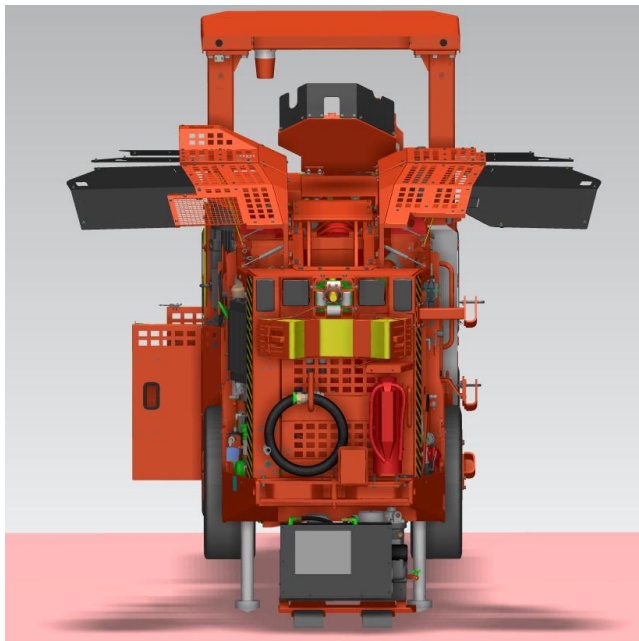


(Niemi, 2013)

Tämä on työn vaarallisin vaihe ja tätä työvaihetta suorittaessa tulee olla erityisen varovainen ja lukea laitteen mukana tulevat käyttöohjeet, ja edetä niiden mukaan.

Neljännessä vaiheessa kompressorin lasketaan trukin avulla varovasti maahan. Tässä työvaiheessa on hyvä olla ainakin kaksi työntekijää, toinen ohjaa trukkia ja toinen katsoo laitteen sivusta, että kompressorin ei ota mihinkään komponentteihin kiinni sitä laskeuttaessa.

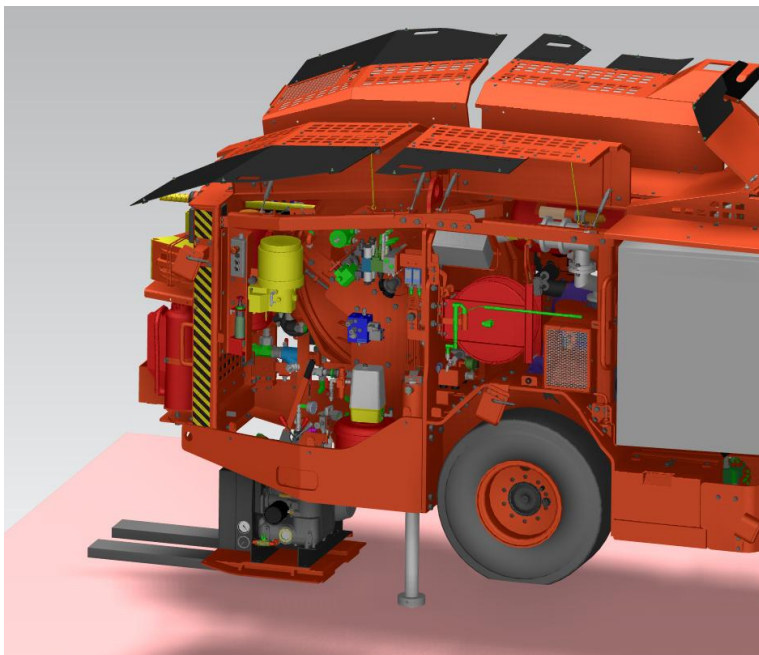
Kompressorin ja laitteen väliin ei jää kovin paljoa tilaa kuten kuvasta käy ilmi. Kompressorin korkeimman kohdan ja laitteen takarungon väliin jää noin 20 millimetriä kun kompressorin on laskettu maahan asti. Tämä kuitenkin riittää ja mahdollistaa kompressorin vaihdon.



(Niemi, 2013)

Kompressorin ollessa laskettuna vapautuu paljon tilaa laitteen sisäpuolelle kuten kuvasta käy ilmi. Tällöin on mahdollista huoltaa myös muita komponentteja joihin on kompressorin ollessa paikallaan hankala päästä käsiksi.

Tällaisia komponentteja on esimerkiksi IP5-vedenerotin ja Ansul – pullo. Ansul – pullolla on hyvä mahdollisuus huoltoon myös kompressorin paikoillaan ollessa, mutta tietysti tämä tuo lisää huoltotoimenpiteille tilaa. Tästä syystä olisi hyvä ajoittaa useat huoltotoimenpiteet samaan huoltoon, eikä niin että kaikki komponentit huolletaan eri aikaan.



(Niemi, 2013)

Viimeisessä työvaiheessa tarkistetaan laite sisäpuolelta, ettei pois ottaminen vikaannuttanut mitään komponentteja ja siirretään kompressori pois trukin avulla.

Tämän jälkeen kompressorille voidaan tehdä tarvittavat huoltotoimenpiteet tai mahdollinen laitteen vaihto.

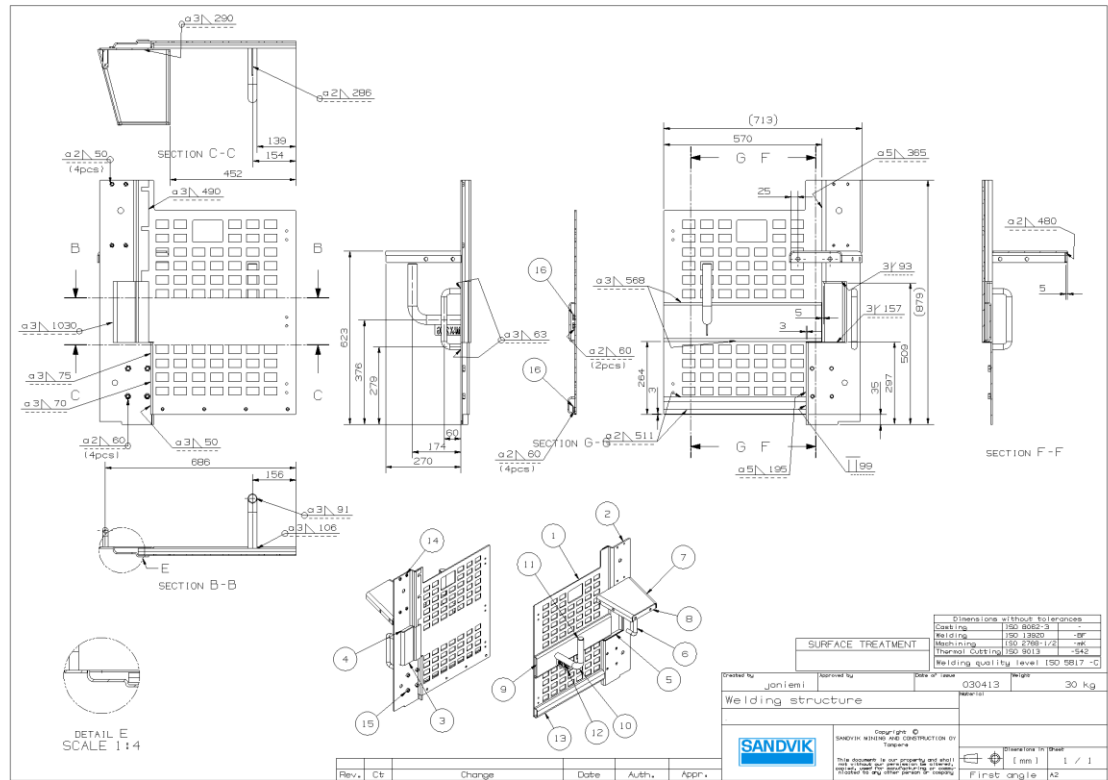


(Niemi, 2013)



(Niemi, 2013)

Takaoven hitsauspiirustus toteutettiin uutena osana. Takaoven hitsauskuvassa tuli ottaa huomioon oven kestävyys, koska siihen kohdistuu jonkin verran rasitusta, ovea avatessa ja myös sammutinpullo, joka tulee oveen kiinni painaa noin 10 kilogrammaa. Ovi koostuu useasta eri osasta joten sen kestävyyttä tarkasteltiin kaikista suunnista, joista siihen voimia kohdistuu.

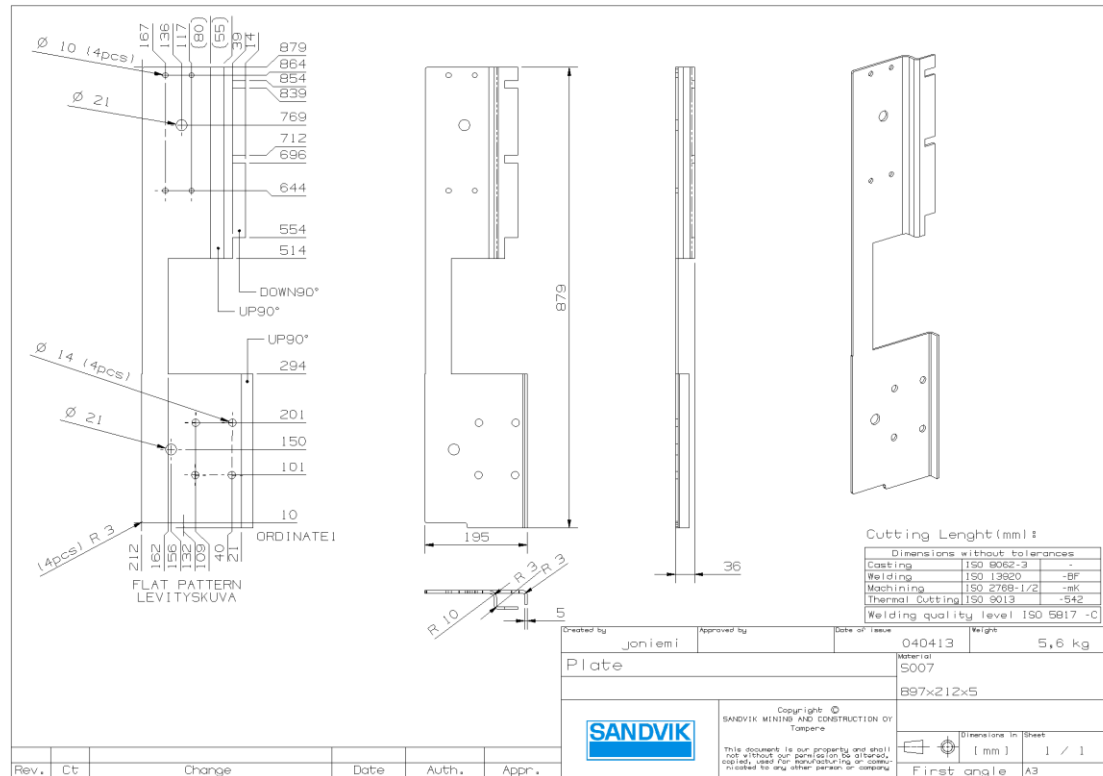


(Niemi, 2013)

Muut hitsauspiirustukset olivat huomattavasti pienempiä kokoonpanoja, joten niitä ei ole eritelty tässä opinnäytetyössä.

6.3.3 Työn ohutlevypiirustukset

Opinnäytetyötä varten jouduttiin tekemään noin 40-45 erilaista ohutlevypiirustusta ja ottamaan niistä kaikista myös erillinen DFX- tiedosto.



(Niemi, 2013)

Yläpuolella olevassa kuvassa on levy, joka kuuluu takaoven rakenteeseen. Kuvassa on levyn ohutlevypiirustus. Piirustuksessa vasemmalla olevaan kuvantoon on merkitty selkeästi kaikki mitat kuvannon ulkopuolelle ja merkitty levyn taitoskohdat. Muihin kuvantoihin on merkitty valmiin kappaleen ulkomitat, jotta valmis kappale voidaan tarkistaa, että se on oikean mallinen.

Lisäksi piirustuksesta löytyy tarvittavat muut tiedot eli levyn leikkauspituus, osan numerokoodi, kappaleen paino, valmistusmateriaali ja suunnittelijan nimi.

7 TULOKSET JA HAVAINNOT

7.1 Saavutettu hyöty

Työn saavutettu hyöty on, että kompressoriin pääsee tekemään määräaikaishuoltoja yksinkertaisesti ja nopeasti. Työssä saavutettiin kaikki sille asetetut tavoitteet, niin ajalliset kuin rakenteelliset.

7.2 Turvallisuusriskit

Suurin turvallisuusriski tätä opinnäytetyötä ajatellessa on selvästi riski siihen, että kompressori voi pudota asentajan päälle, mikäli asentaja ei ole lukenut käyttöohjeita kun hän alkaa irrottaa kompressorin luukkuja. Tämä voi johtaa pahimmillaan vakavaan vammautumiseen.

7.3 Parannusehdotukset

Kompressorin poisotto on tällä hetkellä melko riskialtis toiminto. Olisi hyvä etteivät kiinnityspultit olisi alhaalta päin kiinni, koska tällä hetkellä asentaja joutuu menemään laitteen ja luukun alle ottaessaan pois kompressoria. Tämä aiheuttaa mahdollisen vaaratilanteen aina kun kompressoria otetaan pois.

Tähän mahdollinen ratkaisu olisi, että kompressori saataisiin laskettua jonkinlaisen pumpun tai sähkömoottorin avulla alas maahan. Samalla periaatteella kuin autonosturit toimivat. Tähän työhön ideaa ei toteutettu, koska tämä ratkaisu on suhteellisen kallis toteuttaa.

8 POHDINTA

Tämä opinnäytetyö oli todella mielenkiintoinen toteuttaa kokonaisuudessaan ja opin itse tämän työn kautta todella paljon lisää suunnittelutyöstä ja sen haasteista. Opinnäytetyötä tehdessä loppua kohden alkoi jo hieman aikataulut tulla vastaan, mutta niistäkin haasteista selvittiin. Myös työosuuden määrä kasvoi oleellisesti, koska työtä aloittaessa oli suunnitelmissa tehdä vain mallit, ovesta ja alaluukusta. Helmikuun aikana päätimme kuitenkin, että teemme myös kaikki piirustukset ja rakenteet.

Mielestäni opinnäytetyö onnistui kokonaisuudessaan erittäin hyvin, sillä kaikki työlle asetetut tavoitteet tuli täytettyä ja työn malleista tuli hyvää palautetta. On mielenkiintoista kuulla ja nähdä, tämän vuoden aikana kun työ tullaan toteuttamaan, miten tehdyt muutokset toimivat.

Opinnäytetyöstä tuli työmäärällisesti suhteellisen laaja ja se käsitti kokonaisuudessaan hienosti kaikki eri suunnittelutyöhön kuuluvat eri työn vaiheet. Opin todella paljon työn aikana myös uusia asioita eri ohjelmistoista, varsinkin NX- ohjelmasta. Yhteenvetona koko opinnäytetyöstä voisi sanoa, että minä opin tämän työn aikana todella paljon uutta ja on hienoa, että tästä työstä on hyötyä tulevaisuudessa Sandvikille.

LÄHTEET

[http://www.miningandconstruction.sandvik.com/Sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CUnderground*drill*rigs*5CMining*jumbos*2ADD530/\\$FILE/DD531-S60C%206-9466-B.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/Sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CUnderground*drill*rigs*5CMining*jumbos*2ADD530/$FILE/DD531-S60C%206-9466-B.pdf)

[http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CSurface*tophammer*drill*rigs*2ASandvik*DP1500i/\\$File/DP1500i.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Products*5CDrill*rigs*and*rock*drills*5CSurface*tophammer*drill*rigs*2ASandvik*DP1500i/$File/DP1500i.pdf)

Sandvik intranet, Tamrockin historiaa.

<http://fidlns2.sandvik.com/sandvik/0120/intranet/s007442.nsf/0/6C41AC345C4E1F32C225766300515591>

Yritysinfo, Sandvikin historiaa

<http://www2.sandvik.com/sandvik/1181/Internet/FI02071.nsf/GenerateTopFrameset?Read-Form&menu=&view=http%3A//www2.sandvik.com/sandvik/1181/Internet/FI02072.nsf/Alldocs/C2256AF600514C01C12578720026C385&banner=/sandvik/1181/Internet/FI02071.nsf/LookupAdm/BannerForm%3FOpenDocument>

Aimo Pere, Koneenpiirustus korkeakouluja varten, 2004

LIITTEET

Liite 1. Sandvik DD211



(Sandvik, 2013)

Liite 2. Excel-taulukko muuttuneista osista (1)

		Description	Local item	Malli	Kuva	Rakenne
MAIN ASSEMBLY	Pääkokoospano			X		
REAR END MODULE	Perämoduuli			X	X	X
1	Kaapelikela asennus			x	x	x
3	Moottori asennus			x	x	x
4	Pumppu asennus			x	x	x
5	Kompressor	CTN 10		x	x	x
6	Vesipumppu kok.			x	x	x
7	Vesipumpun kiinnitys	Asento hieman muuttunut, v		x	x	x
8	Takamaatuet			x	x	x
9	Sähkoteline			x	x	x
10	Vedenerotin, painekytin			x	x	x
11	Polttoainesäiliö			x	x	x
12	hydraulisäiliö			x	x	x
13	käsitäyttöpumppu			x	x	x
14	Venttiilit, takamaatuet ja kaapelikela			x	x	x
15	Vedensääntö nippakok.	Muuttunut kiinnitys levy ja jä		x	x	x
3	UUSI Levyn hitsaus			x	x	x
1	UUSI LEVY			x	x	x
16	Imuputken asennus			x	x	x
19	Akun asennus ja päävirtakytkin			x	x	x
20	jäähdytin kokoonpano					
25	Jarrujen vapautuspumppu			x	x	x
35	SLU, DD211			x	x	x
40	Peruutushälytin			x	x	x
41	Jäähdytin asennus, OW30			x	x	x
45	Takamoduulin venttiilien asennus			x	x	x
60	Kompressorin varustelu			x	x	x
61	Kaapelihojaimen asennus			x	x	x
62	Syöttökaapelin asennus			x	x	x
65	JB 43			x	x	x
802	Polttoaineletkutus			x	x	x
FRAME ASSEMBLY	TAKARUNKO ASENNUS			X	X	X
1	Takarunko koneistus			x	x	x
9	Levy (takamaskin vieressä)	BG00248355				
10	Takamaski			x	x	x
13	Takaovi			x	x	x
ENGINE ASSEMBLY	Moottori asennus			X	x	x

(Niemi, 2013)

REAR DOOR ASSEMBLY	OVI ASENNUS			X	X	X
1	Welding structure, Rear door DD211	BG00255453		x	x	x
2	Hinge Sarana	WIDNI		x	x	x
3	Lock	55219473		x	x	x
4	Plate	BG00244118		x	x	x
5	Plate, plastic Muovilevy	BG00244117		x	x	x
6	Washer, Lock, Double	M8 NORD-LOCK sp		x	x	x
145	Hexagon head screw (full thread)	M8x25 - 8.8		x	x	x
146	Hexagon head screw (full thread)	M8x30 - 8.8		x	x	x
148	Hexagon head bolt (half thread)	M8x40 - 8.8		x	x	x
173	Hexagon head screw (full thread)	M10x25 - 8.8		x	x	x
506	Nut, Lock	M8 m8		x	x	x
552	Washer, Lock, Double	M10 NORD-LOCK, ruuv. M10 M		x	x	x
DOOR WELDMENT	OVI HITSAUS			X	X	X
01	Holeplate	Part Of DD211's Safe Cover As		x	x	x
02	Plate	BG00225488		x	x	x
03	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
04	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
05	Plate	BG00245172		x	x	x
07	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
8	Pipe	BG00227757		x	x	x
08	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
09	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
010	Pipe	Rear support, DD211		x	x	x
011	Plate	Letkuhojain,,ZR30		x	x	x
012	Plate	Rear support, DD211		x	x	x
013	Plate	BG00226183		x	x	x
014	Nut, Hexagon	M8 Weld nuts		x	x	x
015	Nut, Hexagon	M12 Weld nuts		x	x	x
016	Nut, Hexagon	M10 Weld nuts		x	x	x
HATCH	LUUKKU			X	X	X
1	Plate			x	x	x
2	Plate			x	x	x
3	Plate			x	x	x
4	Plate			x	x	x

(Niemi,2013)

Liite 2. Excel-taulukko muuttuneista osista (2)

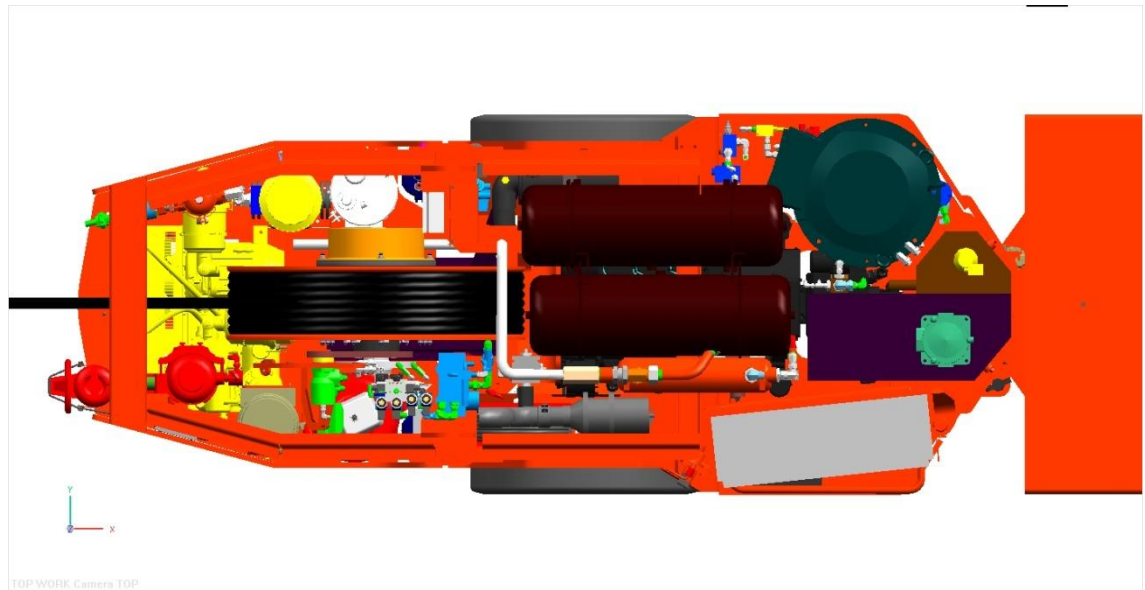
	Module, Option Optiomoduuli		D 22123-1 Sandvik LTR 59		x		x
2	Greasing Unit Rasvauslaite		DD211, LINCOLN manual, std.		x	x	x
5	Mounting		Air mist flushing, DD211		x	x	x
7	Mounting		Air inlet / IPS mounting, DD211		x	x	x
8	Rack, Drill Steel		DD211, steel rack mounting		x	x	x
10	Fire Extinguisher Assembly Palonsammuttimen asennus		Ansul (Manual system with 2		x	x	x
11	Mounting, Fire Extinguisher		DD211		x	x	x
12	Mounting		Greasing unit LINCOLN Autom		x	x	x
13	Mounting		DD211, electrical filling pump		x	x	x
15	Mounting		DD211, CAT jump start system		x	x	x
16	Mounting		Jack's Pressure Switch Mount		x	x	x
18	Mounting		4xinductive sensor in jacks, D		x	x	x
23	Adapter, Filling Täyttöliitin		DD211, wiggins fast filling; mc		x	x	x
25	Pressure Washer Painepesuri		DD211, Mounting hydraulic, w		x	x	x
35	Mounting		CFX/TFX CONTROL BLOCK, DD		x	x	x
51	Mounting		DD211, wheel chock mounting		x	x	x
52	Mounting		Document Enclosure, DD211 S		x	x	x
55	Blanket, Exhaust Pakoputken lämpöeriste		Exhaust pipe and exhaust ma		x	x	x
851	Hosing Set Letkutus		Hydr. hosing, High pressure w		x	x	x
868	Hosing Set Letkutus		Hydr. hosing, manual grease u		x	x	x
870	Hosing Set Letkutus		DD211, Central lubrication		x	x	x
890	Schematic, Hydraulic Hydraulikaavio		Hosing diagram, Central lubri		x	x	x
	Mounting		Cable plug holder		x	x	x
	FINISHING MODULE				x	x	x
	COVERS ASSEMBLY				x	x	x

(Niemi, 2013)

REAR FRAME MACHINING	Takarunko koneistus				x	x	x
REAR FRAME WELDING	Takatunko hitsaus	MUUTOKSIA LUUKUN KOHDALLA/ OK			x	x	x
1	LEVY				x	x	
2	LEVY				x	x	
3	LEVY				x	x	
4	LEVY				x	x	
5	LEVY				x	x	
6	LEVY				x	x	
7	LEVY				x	x	
8	LEVY				x	x	
9	LEVY				x	x	
10	LEVY				x	x	
11	LEVY				x	x	
12	LEVY				x	x	
13	LEVY				x	x	
14	LEVY				x	x	
15	LEVY				x	x	
16	LEVY				x	x	
17	LEVY				x	x	
18	LEVY				x	x	
35	LEVY				x	x	
36	LEVY	MUUTETTUNUT 260313/ OK 280313			x	x	x
37	LEVY				x	x	x
40	LEVY				x	x	
41	LEVY				x	x	
42	LEVY				x	x	
43	Hitsauskokoontalo				x	x	
44	LEVY				x	x	
45	LEVY				x	x	
46	LEVY				x	x	
47	LEVY				x	x	
50	LEVY				x	x	
51	LEVY				x	x	
52	LEVY				x	x	x
53	LEVY				x	x	
54	LEVY				x	x	
60	Tunnistekilpi				x	x	
61	LEVY				x	x	
62	LEVY				x	x	
63	Levy	Muutettunut 260313/ OK2803133			x	x	x
64	Levy				x	x	x
65	hitsimutterit				x	x	

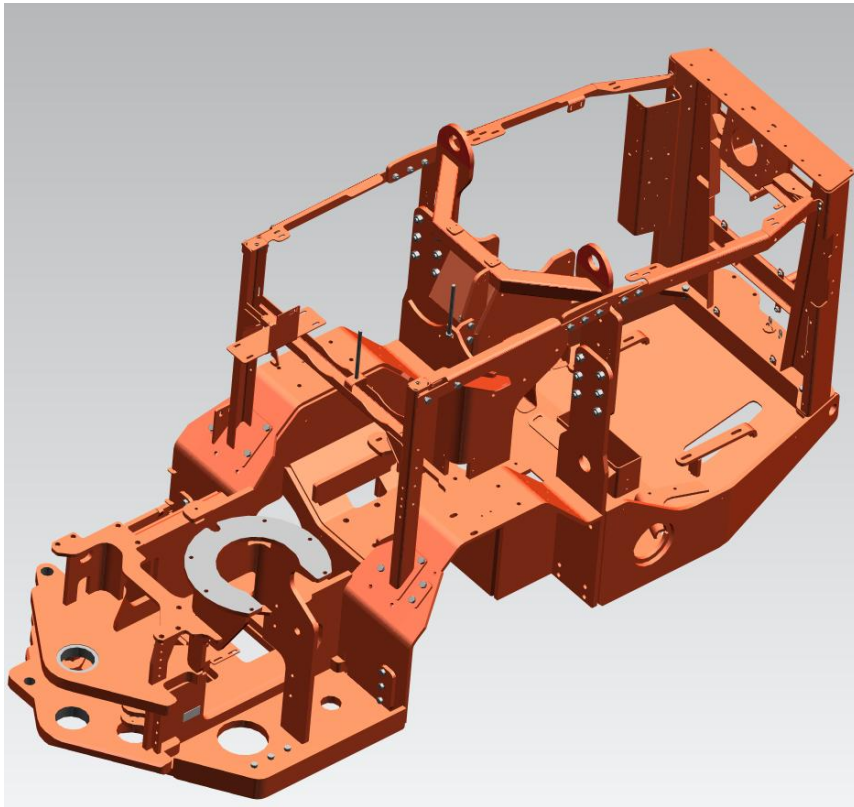
(Niemi, 2013)

Liite 3. Takarungon layout

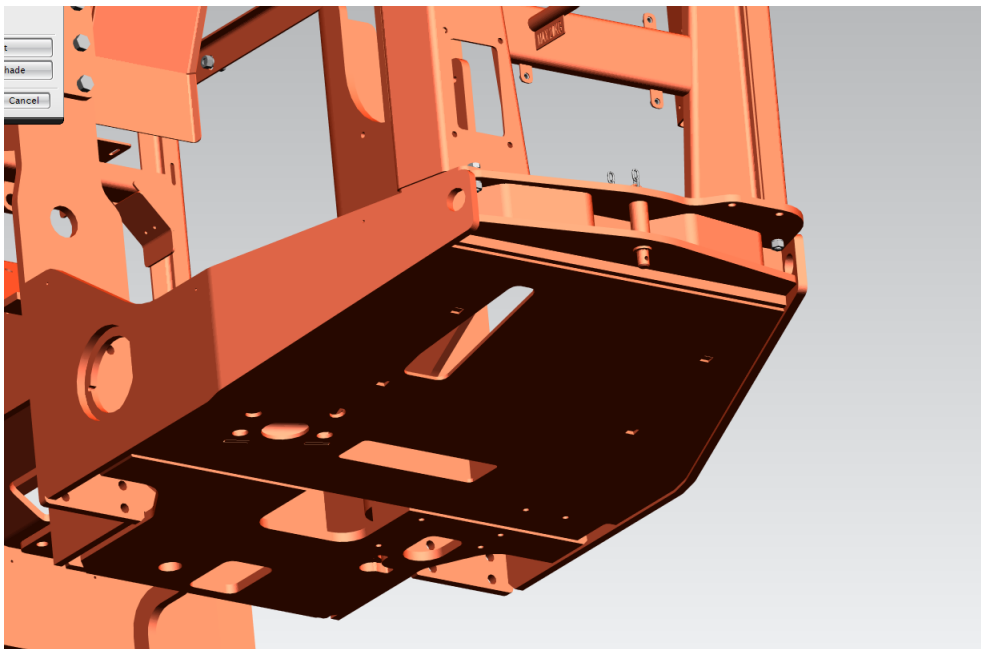


(Sandvik, 2012)

Liite 4. Alkuperäinen takarunko

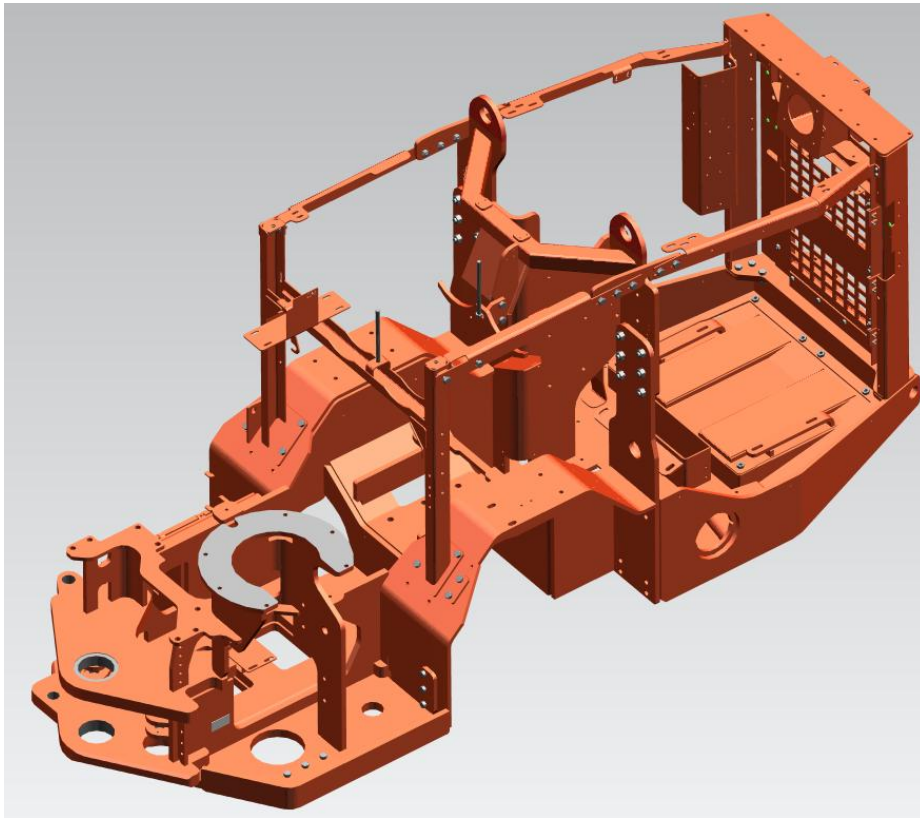


(Sandvik, 2012)

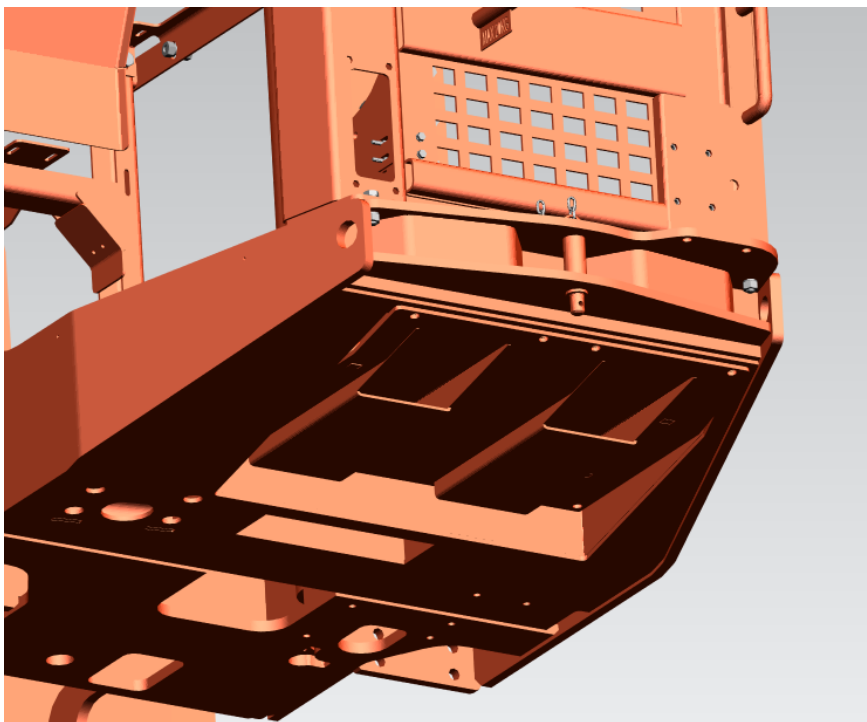


(Sandvik, 2012)

Liite 5. Uusi takarunko



(Niemi, 2013)



(Niemi, 2013)